

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-305839

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	F I
G 0 5 D 3/12	3 0 4	G 0 5 D 3/12 3 0 4
G 0 5 B 19/19		G 0 5 B 19/19 L
G 0 5 D 3/00		G 0 5 D 3/00 Q
H 0 2 P 7/67		H 0 2 P 7/67 A

審査請求 有 請求項の数 3 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-125369

(22) 出願日 平成10年(1998)4月21日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 園田 直人

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 豊沢 雪雄

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 前田 和臣

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

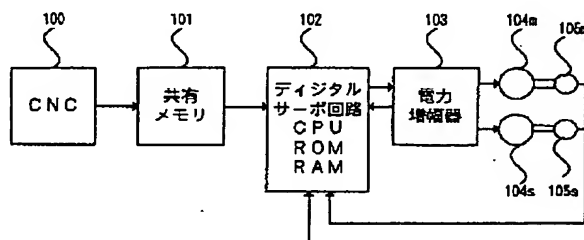
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 複数のサーボモータの制御方法

(57) 【要約】

【課題】 1つの駆動系を1つの主サーボモータと少なくとも1つの従サーボモータとの複数のサーボモータで制御するサーボモータの制御方法において、応答性が良好で高精度な同期制御を行い、繰り返し制御を行う場合において、簡易な構成でかつ各軸間の干渉の発生を防止し、また、複数のサーボモータについて連結駆動と独立駆動の切り換えを容易に行う。

【解決手段】 1つの駆動系を複数のサーボモータで駆動する場合、複数のサーボモータを1つの主サーボモータとその他の従サーボモータの関係とし、位置制御については主サーボモータ側で行い、速度制御及び電流制御については各サーボモータ毎に行い、従サーボモータの速度指令は、主サーボモータ側の速度指令を主サーボモータ側と従サーボモータ側の位置偏差に基づいて位置補正したものを用いる。これにより、応答性を向上させ、高精度な同期制御を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1つの駆動系を1つの主サーボモータと少なくとも1つの従サーボモータとの複数のサーボモータで制御するサーボモータの制御方法において、主サーボモータを制御する主サーボ回路は、該主サーボ回路の位置制御によって全サーボモータのサーボ回路に共通する1つの速度指令を出力し、全サーボモータのサーボ回路は、各サーボ回路毎に前記共通の速度指令を用いてそれぞれ独立して速度制御及び電流制御を行い、前記速度制御及び電流制御において、従サーボモータを制御する従サーボ回路は、主サーボ回路の位置帰還値と該各従サーボ回路の位置帰還値との差分に位置制御と同じ値のゲインを乗じて位置補正值を求め、該位置補正值を用いて前記速度指令を位置補正し、該位置補正で補正した速度指令値を用いて該従サーボ回路毎に速度制御及び電流制御を行う、複数のサーボモータの制御方法。

【請求項 2】 1つの駆動系を1つの主サーボモータと少なくとも1つの従サーボモータとの複数のサーボモータで制御するサーボモータの制御方法において、主サーボモータに対して従サーボモータを従属させて制御する場合には、主サーボモータを制御する主サーボ回路は、該主サーボ回路の位置制御によって全サーボモータのサーボ回路に共通する1つの速度指令を出力し、全サーボモータのサーボ回路は、各サーボ回路毎に前記共通の速度指令を用いてそれぞれ独立して速度制御及び電流制御を行い、前記速度制御及び電流制御において、従サーボモータを制御する従サーボ回路は、主サーボ回路の位置帰還値と該各従サーボ回路の位置帰還値との差分に位置制御と同じ値のゲインを乗じて位置補正值を求め、該位置補正值を用いて前記速度指令を補正する位置補正を行い、該位置補正で補正した速度指令を用いて該従サーボ回路毎に速度制御及び電流制御を行い、主サーボモータと従サーボモータとを独立して制御する場合には、前記位置補正において、主サーボ回路の位置帰還値に代えて位置指令を用い、前記主サーボ回路の速度指令を用いずに前記位置補正で得られる位置補正值を速度指令として速度制御及び電流制御を行い、前記位置補正において、位置帰還値と位置指令との切り換えと主サーボ回路の速度指令の入力切り換えの切り換えによって、主サーボモータと従サーボモータの独立制御及び従属制御の切り換えを行う、複数のサーボモータの制御方法。

【請求項 3】 前記位置制御において、位置指令と位置帰還値との位置偏差に対して周期成分の補正を行い、該補正した位置偏差を用いて位置制御を行う、請求項 1、又は 2 記載の複数のサーボモータの制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、数値制御装置（N

C装置）で制御される工作機械、産業用機械、及びロボット等の駆動源として使用されるACサーボモータの制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 クランク研削盤のC軸のように、大型のワークを1つのサーボモータで駆動する場合には、ワークは加工外乱によって捻れるが生じる場合がある。このようなワークの捻れは、加工精度に影響を与えることになる。

【0003】 従来、このようなワークの捻れに対して、ワークの両端に2つのサーボモータを配置し、両サーボモータの同期が保たれる様に駆動し、これによって、ワークの捻れを低減させている。

【0004】 従来、このような駆動では、1つの駆動系を互いに連結された2つのサーボモータを同期制御して行うことが知られている。図11は従来の2つのサーボモータを同期制御を説明する概略ブロック図である。図11において、図示しないワークに連結されるメイン軸及びサブ軸には、それぞれメインサーボモータ25とサブサーボモータ35が設けられ、メインサーボモータ25はメイン側サーボ回路2で制御され、他方のサブサーボモータ35はサブ側サーボ回路3で制御される。各サーボ回路2、3は、それぞれ位置制御器21、31、速度制御器22、32、及び電流制御器23、33を備え、数値制御装置側から与えられる同じ位置指令が与えられる。

【0005】 図11に示す制御では、メインサーボモータ25とサブサーボモータ35との同期ずれを補正するために、メインサーボモータ25とサブサーボモータ35とに設けたエンコーダ26、36から各位置フィードバック値を求め、該位置フィードバック値を用いて補正量を求め、この補正量をサブ側サーボ回路3側の位置指令に加えるという補正を行っている。

【0006】 また、サーボモータの駆動では高精度な制御が必要とされる場合がある。このような高精度制御において、たとえば、クランク研削盤のC軸駆動のような所定周期で繰り返される駆動では、この所定周期成分を補正する繰り返し制御を行う、一種の学習制御を適用することが知られている。

【0007】 図12は、サーボ回路に繰り返し制御を適用した構成を示し、メイン側サーボ回路2及びサブ側サーボ回路3のそれぞれに繰り返し制御器27、37を設け、各サーボモータ毎に繰り返し制御を行う構成としている。ここで、繰り返し制御器5は、位置指令と位置フィードバック値との位置偏差を入力し、出力を位置偏差に戻すことによって、位置偏差の周期成分を補正している。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 従来、1つの駆動系を1つのメインモータ（主サーボモータ）と少なくとも1

つのサブモータ（従サーボモータ）との複数のサーボモータで制御する場合、各サーボモータを制御する複数のサーボ回路に対して、図 11 に示すように、数値制御装置側において位置指令の補正を行い、これによって、メインモータとサブモータの同期ずれを防止している。しかしながら、従来の制御方法では、位置指令の補正を数値制御装置側で行っているため、応答性が悪く、高精度な同期制御が困難であるという問題がある。

【0009】また、繰り返し制御を行う場合には、メイン軸とサブ軸のそれぞれの位置制御器に対して繰り返し制御器を付加する構成であるため、繰り返し制御器の構成要素である遅れ要素メモリが大きくなり、ハードウェア上の実装面積やコストに影響したり、また、逆に実装面積やコストを抑えると、制御の精度が低下するという問題がある。また、メイン軸とサブ軸を同一のプロセッサで処理すると、処理時間が増加することになり、高速のプロセッサを用いるハードウェアやコストの制約が大きくなるという問題もある。

【0010】さらに、複数の繰り返し制御器によって各サーボモータの位置制御を行うため、剛性の高い機械では各軸間で干渉が起こり、ワークの位置偏差の収束性が低下するという問題がある。

【0011】また、クランク研削盤の C 軸に適用する場合には、ワークの脱着を行うために、モータの連結が解除される場合があり、このよう場合には、メインモータとサブモータとはそれぞれ独立して動作する必要がある。従来の制御方法では、連結駆動と独立駆動の切り換えが困難であるという問題がある。

【0012】そこで、本発明は従来の問題点を解決し、応答性が良好で高精度な同期制御を行うことを第 1 の目的とし、複数のサーボモータについて連結駆動と独立駆動の切り換えを容易にすることを第 2 の目的とし、また、繰り返し制御を行う場合において、簡易な構成でかつ各軸間の干渉の発生を防止することを第 3 の目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の複数のサーボモータの制御方法は、1つの駆動系を複数のサーボモータで駆動する場合、複数のサーボモータを1つの主サーボモータとその他の従サーボモータの関係とし、位置制御については主サーボモータ側で行い、速度制御及び電流制御については各サーボモータ毎に行い、従サーボモータの速度指令は、主サーボモータ側の速度指令を主サーボモータ側と従サーボモータ側の位置偏差に基づいて位置補正したものをを用いるものである。そして、位置指令の補正をサーボ回路側で行うことによって応答性を向上させ、位置補正で得た速度指令を用いて従サーボモータ側の速度制御及び電流制御を行うことによって高精度な同期制御を行うことができる。

【0014】また、主サーボモータ側の位置制御のみに

対して繰り返し制御を行うことによって、構成を簡易なものとし、かつ各軸間の干渉の発生を防止する。

【0015】さらに、位置補正において、主モータ側から入力する位置データとして、位置指令と主軸の位置帰還値とを切り換えることによって、連結駆動と独立駆動の切り換えを可能とする。

【0016】本発明の複数のサーボモータの制御方法の第 1 の形態は、1つの駆動系を1つの主サーボモータと少なくとも1つの従サーボモータとの複数のサーボモータで制御するサーボモータの制御方法において、主サーボモータを制御する主サーボ回路は、該主サーボ回路の位置制御によって全サーボモータのサーボ回路に共通する1つの速度指令を出力し、全サーボモータのサーボ回路は、各サーボ回路毎に前記共通の速度指令を用いてそれぞれ独立して速度制御及び電流制御を行い、前記速度制御及び電流制御において、従サーボモータを制御する従サーボ回路は、主サーボ回路の位置帰還値と該各従サーボ回路の位置帰還値との差分に位置制御と同じ値のゲインを乗じて位置補正値を求め、該位置補正値を用いて前記速度指令を位置補正し、該位置補正で補正した速度指令値を用いて該従サーボ回路毎に速度制御及び電流制御を行うものである。

【0017】これによれば、複数のサーボモータの内、位置制御はサーボ回路側で、かつ、主サーボ回路のみで行うことによって応答性を向上させることができる。従サーボモータの位置制御は従サーボ回路では行わず、主サーボ回路の位置制御で得た速度指令を共用することによって行う。そして、主サーボ回路側で求めた速度指令を、主サーボモータ側と従サーボモータ側の位置偏差に基づいて位置補正し、この補正した速度指令を用いて各従サーボモータの速度制御を行うことによって、同期制御を可能とする（請求項 1 に対応）。

【0018】本発明の複数のサーボモータの制御方法の第 2 の形態は、1つの駆動系を1つの主サーボモータと少なくとも1つの従サーボモータとの複数のサーボモータで制御するサーボモータの制御方法において、主サーボモータに対して従サーボモータを従属させて制御する場合には、主サーボモータを制御する主サーボ回路は、該主サーボ回路の位置制御によって全サーボモータのサーボ回路に共通する1つの速度指令を出力し、全サーボモータのサーボ回路は、各サーボ回路毎に前記共通の速度指令を用いてそれぞれ独立して速度制御及び電流制御を行い、前記速度制御及び電流制御において、従サーボモータを制御する従サーボ回路は、主サーボ回路の位置帰還値と該各従サーボ回路の位置帰還値との差分に位置制御と同じ値のゲインを乗じて位置補正値を求め、該位置補正値を用いて前記速度指令を補正する位置補正を行い、該位置補正で補正した速度指令を用いて該従サーボ回路毎に速度制御及び電流制御を行う。

【0019】また、主サーボモータと従サーボモータと

を独立して制御する場合には、前記位置補正において、主サーボ回路の位置帰還値に代えて位置指令を用い、前記主サーボ回路の速度指令を用いずに前記位置補正で得られる位置補正值を速度指令として速度制御及び電流制御を行う。

【0020】そして、主サーボモータと従サーボモータの独立制御及び従属制御の切り換えは、位置補正において、位置帰還値と位置指令との切り換えと主サーボ回路の速度指令の入力切り換えの切り換えによって、主サーボモータと従サーボモータの独立制御及び従属制御の切り換えの2つの切り換えを同期させる。

【0021】これによれば、位置補正において入力する信号を切り換えるだけで、主サーボモータと従サーボモータの独立制御及び従属制御の切り換えを行うことができる。また、この切り換えにおいて独立制御に切り換えた場合、主サーボモータの位置帰還値と各従サーボモータの位置帰還値との差分を位置制御と同じ値でゲイン倍することによって、この位置補正からは位置制御を行ったと同様の速度指令を得ることができ、位置の同期を保つことができる。

【0022】したがって、第2の形態によれば、複数のサーボモータについて連結駆動と独立駆動の切り換えを容易に行うことができ、切り換え後の各駆動においても、各サーボモータを良好に制御することができる（請求項2に対応）。

【0023】本発明の複数のサーボモータの制御方法の第3の形態は、サーボモータの位置制御において、位置指令と位置帰還値との位置偏差に対して周期成分の補正を行い、この補正した位置偏差を用いて位置制御を行うものであり、サーボモータが周期的な動作を行う場合に、位置指令と位置帰還値との差分で得られる周期的な位置偏差を求め、この周期成分を補正するように位置制御を行うものである。

【0024】この周期成分の補正は、位置指令と位置帰還値との差分をサンプリング周期毎に積算する繰り返し制御によって求めることができる（請求項3に対応）。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図を参照しながら詳細に説明する。図1は本発明を適用することができるサーボモータ制御系のブロック図であり、複数のサーボモータとしてメインサーボモータとサブサーボモータの2つのサーボモータを連結した構成を示している。なお、デジタルサーボ制御を行う装置構成は従来のものと同一構成であるため概略的に示している。

【0026】図1において、100はコンピュータを内蔵した数値制御装置（CNC）、101は共有RAM、102はプロセッサ（CPU）、ROM、RAM等を有するデジタルサーボ回路、103はトランジスタインバータ等の電力増幅器、104mはメインサーボモータ、104sはサブサーボモータ、105m、105s

はメインサーボモータ104m及びサブサーボモータ104sの回転とともにパルスが発生し、ロータ位相を検出するエンコーダである。メインサーボモータ104mとサブサーボモータ104sは図示しないワークに連結され、1つの駆動系を構成している。

【0027】デジタルサーボ回路のプロセッサ102は、数値制御装置100から指令された位置指令（または速度指令）を共有RAM101を介して読みとり、位置ループ処理、速度ループ処理、及び電流ループ処理を行う。

【0028】位置指令からエンコーダ105m、105sで検出される位置フィードバック値を減じて位置偏差を求め、該位置偏差にポジションゲインを乗じて位置ループ制御を行って速度指令を求め、この速度指令から速度フィードバック値を減じて速度偏差を求め、比例、積分制御等の速度ループ処理を行ってトルク指令（電流指令）を求める。さらにこのトルク指令から電流フィードバック値を減じて、電流ループ処理を行い、各相の電圧指令を求めてPWM制御等を行ってサーボモータ104m及びサブサーボモータ104sの駆動制御を行う。

【0029】はじめに、本発明の第1の形態について説明する。図2、図3は本発明の第1の形態を説明するためのブロック図及びフローチャートである。なお、図2に示す構成は、2つのサーボモータによって図示しないワークを連結して駆動する場合を示し、本発明の主サーボモータをメインサーボモータとし、従サーボモータをサブサーボモータとして説明する。

【0030】図2において、メインサーボモータ25とサブサーボモータ35は図示しないワークを共有して結合され、サーボ回路1とともに該ワークを駆動する駆動系を構成する。サーボ回路1は、メインサーボモータ25を含むメイン軸側を制御するメイン軸側サーボ回路2と、サブサーボモータ35を含むサブ軸側を制御するサブ軸側サーボ回路3を備え、さらに、メイン軸側サーボ回路2とサブ軸側サーボ回路3との間には位置補正器4を備え、サブ軸側サーボ回路3に対し速度指令を与える。

【0031】メイン軸側サーボ回路2は、通常のサーボ回路と同様に、位置制御器21と速度制御器22と電流制御器23を備え、位置制御器21は数値制御装置（CNC）側から位置指令を受け取って速度指令を速度制御器22に送り、速度制御器22は速度指令を受け取ってトルク指令（電流指令）を電流制御器23に送り、電流制御器23はトルク指令を受け取って電圧指令を電力増幅器24に送る。電力増幅器24は電圧指令に基づいてメインサーボモータ25を駆動する。なお、メインエンコーダ26はメインサーボモータ25の速度及び位置を検出して、速度フィードバック値及び位置フィードバック値をメイン軸側サーボ回路2にフィードバックする。また、電流フィードバック値は電力増幅器24からメイ

ン軸側サーボ回路2にフィードバックされる。

【0032】これに対して、サブ軸側サーボ回路3は、通常のサーボ回路と異なり位置制御器を備えず、速度制御器32と電流制御器33を備え、速度制御器32は位置補正器4から速度指令を受け取ってトルク指令（電流指令）を電流制御器33に送り、電流制御器33はトルク指令を受け取って電圧指令を電力増幅器34に送る。電力増幅器34は電圧指令に基づいてサブサーボモータ35を駆動する。なお、サブエンコーダ36はサブサーボモータ35の速度及び位置を検出し、速度フィードバック値及び位置フィードバック値をサブ軸側サーボ回路3にフィードバックする。

【0033】位置補正器4は、メインサーボモータの位置フィードバック値とサブサーボモータの位置フィードバック値とを入力してその差分を求め、該差分に位置補正ゲインを乗じ、この値を用いてメイン軸側サーボ回路2の位置制御器21から入力した速度指令の補正を行い、補正した速度指令をサブ軸側サーボ回路3に入力する。したがって、この位置補正器4は、メインサーボモータとサブサーボモータとの位置ずれを補償し、両サーボモータの同期を合わせる働きをする。また、この位置補正器4は、サブ軸側サーボ回路3の位置制御器としての機能を備え、速度制御器32に対して、メインサーボモータとサブサーボモータの同期合わせを行うための補正を施した速度指令を与える。

【0034】図3は図2に示すサーボ回路の動作を説明するためのフローチャートである。なお、図3のフローチャートは、本発明の第1の態様と第2の態様を説明するものであり、ステップS5、6は第2の態様で行う繰り返し制御の工程である。そこで、本発明の第1の態様では、図3中のステップS5、6の工程を飛ばして説明する。

【0035】位置補正器4は、メインエンコーダ26からメイン軸側の位置フィードバック値 $P_{fbm}$ を取り込み、また、サブエンコーダ36からサブ軸側の位置フィードバック値 $P_{fbs}$ を取り込む（ステップS1）。位置補正器4は、取り込んだ位置フィードバック値 $P_{fbm}$ と位置フィードバック値 $P_{fbs}$ との位置偏差 $\Delta P (= P_{fbm} - P_{fbs})$ を求める。この位置偏差 $\Delta P$ は、メイン軸とサブ軸の軸間の位置偏差を表している（ステップS2）。位置補正器4は、さらに、位置偏差 $\Delta P$ に位置補正ゲイン $k$ を乗じて位置補正 $C (= \Delta P \times k)$ を求める（ステップS3）。

【0036】一方、メイン軸側サーボ回路2は、数値制御装置側から位置指令 $P_c$ を取り込むとともに、メインエンコーダ26からメイン軸側の位置フィードバック値 $P_{fbm}$ を取り込み、位置指令 $P_c$ から位置フィードバック値 $P_{fbm}$ を減じて、位置偏差 $dP (= P_c - P_{fbm})$ を求める（ステップS4）。メイン軸側サーボ回路2は、位置制御器21において、位置偏差 $dP$ にポジショニング

イン $K$ を乗じてメイン軸の速度指令 $v_{cm} (= dP \times K)$ を求める（ステップS7）。また、メイン軸側サーボ回路2は、メインエンコーダ26から速度フィードバック値 $v_{fbm}$ を取り込み（ステップS8）、速度制御器22において、速度指令 $v_{cm}$ と速度フィードバック値 $v_{fbm}$ との偏差を速度制御処理を行って、メイン軸のトルク指令（電流指令） $I_{cm}$ を求める（ステップS9）。

【0037】位置補正器4は、前記ステップS7においてメイン軸側サーボ回路2で得られた速度指令 $v_{cm}$ に、前記ステップS3で求めた位置補正 $C$ を加えることによって速度指令 $v_{cm}$ を補正し、この値をサブ軸の速度指令 $v_{cs} (= v_{cm} + C)$ とする（ステップS10）。サブ軸側サーボ回路3は、位置補正器4から速度指令 $v_{cs}$ を取り込むとともに、ステップS8においてサブエンコーダ36から取り込んだ速度フィードバック値 $v_{fbs}$ を用いてその偏差 $(= v_{cs} - v_{fbs})$ を求め、速度制御器32によって速度制御処理を行い、サブ軸のトルク指令 $I_{cs}$ （電流指令）を求める（ステップS11）。

【0038】メイン軸側サーボ回路2及びサブ軸側サーボ回路3は、それぞれの電力増幅器24、34から電流フィードバック値 $I_{fbm}$ と $I_{fbs}$ とを取り込み（ステップS12）、各サーボ回路2、3の電流制御器23、33においてメイン軸側及びサブ軸側の電流制御処理を行い、メイン軸側の電圧指令 $V_{cm}$ 及びサブ軸側の電圧指令 $V_{cs}$ を求める（ステップS13）。

【0039】メイン軸側サーボ回路2の電流制御器23は、電圧指令 $V_{cm}$ を電力増幅器24に与えてメインサーボモータ25を駆動し、サブ軸側サーボ回路3の電流制御器33は、電圧指令 $V_{cs}$ を電力増幅器34に与えてサブサーボモータ35を駆動する（ステップS14）。前記ステップS1～ステップS13の処理を所定周期で繰り返す（ステップS15）。

【0040】上記工程によって、メインサーボモータ及びサブサーボモータは、位置補正器4によって、サーボ回路1側で位置ずれの補正を高速で行うことができる。次に、本発明の第2の形態について説明する。図4は本発明の第2の形態を説明するためのブロック図である。

【0041】本発明の第2の形態は、メインサーボモータとサブサーボモータとを連結駆動状態と独立駆動状態とを切り替え可能とするものである。第2の形態において、この駆動状態の切り替えは、位置補正器4に切り替え機能を組み込むことによって行うことができる。

【0042】図4は、切り替え機能を組み込んだ位置補正器4の一構成例である。図4(a)において、位置補正器4は、位置補正ゲインの項41と、該位置補正ゲインの項41に対する入力の切り替えを行う切り替え手段42とを備える。切り替え手段42は、位置補正ゲインの項41に対して、数値制御装置からの位置指令と、メイン軸側の位置フィードバック値とを切り替えて入力する第1の動作と、また、位置補正ゲインの項41の出力

側に対して、メイン軸側サーボ回路2からの速度指令を入力するオンオフを行う第2の動作とを同期させて行うものであり、この切り替えによって、メインサーボモータとサブサーボモータとの連結駆動状態と独立駆動状態の切り替えを行う。

【0043】メインサーボモータとサブサーボモータとを連結駆動状態で駆動する場合には、メインサーボ回路に対してサブサーボ回路を従属させる制御を行う。この制御状態は、図4(a)において、切り替え手段42の切り替えによって、速度指令を位置補正ゲインの項42に出力側に接続し、かつ、メイン側の位置フィードバック値を位置補正ゲインの項42の入力側に接続する。図4(b)はこの接続状態を示している。

【0044】この接続によって、メイン軸側のサーボ回路は、該メイン軸側の位置制御によってメイン軸及びサブ軸の全サーボ回路に共通する1つの速度指令を出力し、全サーボ回路は、この共通の速度指令を用いて各サーボモータ毎に独立して速度制御及び電流制御を行う。各速度制御及び電流制御において、サブ軸側サーボ回路は、位置補正器においてメイン軸側サーボ回路の位置帰還値と各サブ軸側サーボ回路の位置帰還値との差分をゲイン倍して位置補正値を求め、求めた位置補正値を用いて速度指令を補正する位置補正を行う。サブ軸側サーボ回路はこの位置補正で補正した速度指令をサブ軸速度指令として入力し、サブ軸側サーボ回路毎に速度制御及び電流制御を行う。また、この位置補正において、位置補正ゲインの項42のゲインを、位置制御器のゲイン倍とすることによって、メイン軸側の位置と、サブ軸側の位置の同期を保つことができる。

【0045】また、メインサーボモータとサブサーボモータとを独立駆動状態で駆動する場合には、メインサーボ回路とサブサーボ回路とを独立して制御を行う。この制御状態は、図4(a)において、切り替え手段42の切り替えによって、速度指令を位置補正器4に接続せず、かつ、数値制御装置側からの位置指令を位置補正ゲインの項41の入力側に接続する。図4(c)はこの接続状態を示している。

【0046】この接続によって、メイン軸側のサーボ回路は、通常のサーボ制御と同様に、メイン軸側の位置制御によって速度指令を出力し、速度指令を用いて速度制御及び電流制御を行う。

【0047】また、サブ軸側のサーボ回路は、位置補正器4に位置指令をサブ位置フィードバック値を入力して得られる差分を位置補正ゲイン41でゲイン倍することによってサブ軸速度指令を求め、これによって位置補正器4を位置制御器の代わりとして用いる。また、サブ軸側サーボ回路の速度制御及び電流制御において、位置補正で補正した速度指令をサブ軸速度指令として入力し、サブ軸側サーボ回路毎に速度制御及び電流制御を行う。また、この位置補正において、位置補正ゲインの項

41のゲインを、位置制御器のゲイン倍とすることによって、メイン軸側の位置と、サブ軸側の位置の同期を保つことができる。

【0048】この切り替えによって、複数のサーボモータについて連結駆動と独立駆動の切り換えを容易に行うことができ、切り換え後の各駆動においても、各サーボモータを良好に制御することができる。なお、前記切り替え手段42の切り替えは外部信号により行うことができる。

【0049】次に、本発明の第3の形態について説明する。図5、6は本発明の第3の形態を説明するためのブロック図である。本発明の第3の形態は、メイン軸側のサーボ回路の位置制御についてのみ繰り返し制御を行うものであり、これによって、所定周期で繰り返される周期的な位置偏差の補正を1つの繰り返し制御器で制御するものである。

【0050】図5において、繰り返し制御器はメイン軸側サーボ回路2の位置制御器21に対して繰り返し制御器5を接続し、周期的なサーボモータの動作に対して、位置指令と位置帰還量との差分で得られる周期的な位置偏差を求め、この周期成分を補正するように位置制御を行う。

【0051】図6は繰り返し制御器を説明するための一構成例である。図6において、繰り返し制御器5は帯域制限フィルタ51、遅れ要素メモリ52、動特性補償要素53を直列接続し、帯域制限フィルタ51に数値制御装置からの位置指令とメインエンコーダ26からの位置フィードバック値との位置偏差を入力するとともに、遅れ要素メモリ52から帰還させ、動特性補償要素53の出力を補正量として位置偏差に加算する構成である。

【0052】帯域制限フィルタ51は制御系の安定性をはかるものである。遅れ要素メモリ52は所定周期で繰り返される1周期分のデータを記憶する項であり、動特性補償要素53は制御対象の位相遅れ、及びゲイン低下を補償する項である。なお、所定周期を $T$ としサンプリング周期を $T$ とすると、遅れ要素メモリ52のメモリ総量は $L/T$ となる。

【0053】第3の形態の動作は、前記した図3のフローチャートと同様に行うことができ、図3のフローチャートのステップS4とステップS7との間において、ステップS5で繰り返し制御による補正量 $P_{reco}$ を求め、ステップS6で位置偏差 $dP$ に繰り返し制御の補正量 $P_{reco}$ を加え、補正した位置偏差 $dP$ を求め、以下同様にして制御を行うことができる。

【0054】第3の形態によれば、繰り返し制御器をメイン軸側サーボ回路2とサブ軸側サーボ回路3とで共有することによって、ハードウェアや実装面積を減少させることができる。また、第1、2形態と同様に、位置補正器の位置補正ゲインを位置制御のゲインと合わせることによって、メイン軸とサブ軸の位置の同期を保つこと



ができる。

【0055】また、上記説明では、1つのサブ軸側サーボ回路3について説明しているが、メイン軸側サーボ回路2に対して複数のサブ軸側サーボ回路を設ける構成とすることができる。図7は、複数のサブ軸側サーボ回路の構成例を説明する図である。この構成では、メイン軸側サーボ回路2に対して、複数のサブ軸側サーボ回路3を並列させ、各サブ軸側サーボ回路3の位置制御器にはメイン軸側サーボ回路2から速度指令及び位置フィードバック値を与え、各サブ軸側サーボ回路3によってサブ

軸側のサーボモータを駆動する。

【0056】図8は、メイン軸とサブ軸が独立に位置制御器と繰り返し制御器とを備える構成の場合のシミュレーション結果であり、メイン軸とサブ軸の位置偏差量の時間変化を示している。この場合には、位置偏差は収束するが、メイン軸とサブ軸との間には、収束するまでに大きなねじれが生じる。また、図9は1つの位置制御器と繰り返し制御器とを備える構成の場合ので駆動した場合のシミュレーション結果である。この場合には、位置偏差は収束するが、メイン軸とサブ軸とに位置偏差が発生する。

【0057】図10は本発明を適用した場合のシミュレーション結果である。これによれば、図8のシミュレーション結果と比較して繰り返し制御の偏差収束速度が改善され、図9のシミュレーション結果と比較して位置偏差が改善される。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、応答性が良好で高精度な同期制御を行うことができ、繰り返し制御を行う場合において、簡易な構成でかつ各軸間の干渉の発生を防止することができ、また、複数のサーボモータについて連結駆動と独立駆動の切り換えを容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用することができるサーボモータ制御系のブロック図である。

【図2】本発明の第1の形態を説明するためのブロック図である。

【図3】本発明の第1の形態を説明するためのフローチャートである。

【図4】本発明の第2の形態を説明するためのブロック図である。

【図5】本発明の第3の形態を説明するためのブロック

図である。

【図6】本発明の第3の形態を説明するためのブロック図である。

【図7】本発明を複数のサブ軸側サーボ回路に適用した構成例を説明する図である。

【図8】メイン軸とサブ軸が独立に位置制御器と繰り返し制御器とを備える構成の場合のシミュレーション結果である。

【図9】1つの位置制御器と繰り返し制御器とを備える構成の場合ので駆動した場合のシミュレーション結果である。

【図10】本発明を適用した場合のシミュレーション結果である。

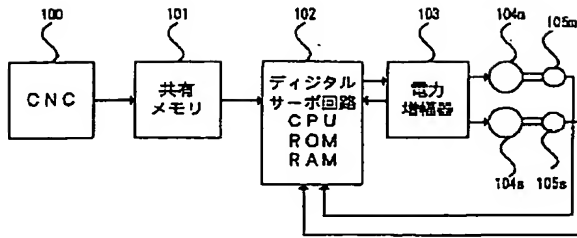
【図11】従来の2つのサーボモータを同期制御を説明する概略ブロック図である。

【図12】従来のサーボ回路に繰り返し制御を適用した構成例である。

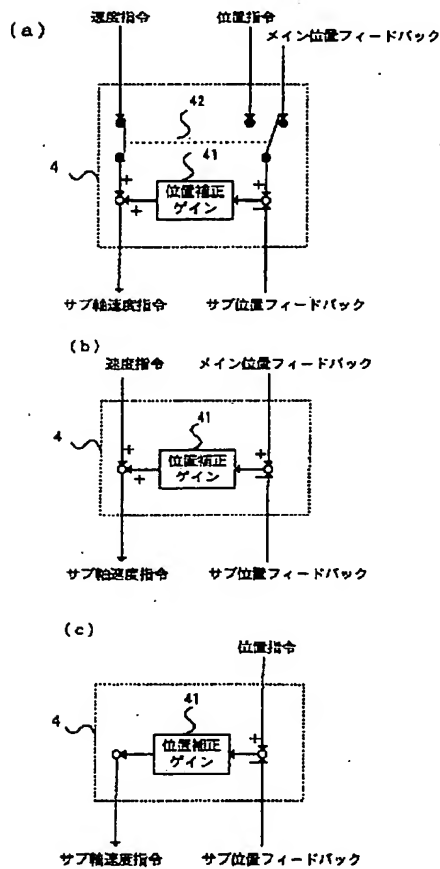
【符号の説明】

- 1 サーボ回路
- 2 メイン軸側サーボ回路
- 3 サブ軸側サーボ回路
- 4 位置補正器
- 5 繰り返し制御器
- 21 位置制御器
- 22, 32 速度制御器
- 23, 33 電流制御器
- 24, 34 電力増幅器
- 25 メインサーボモータ
- 26 メインエンコーダ
- 30 41 位置補正ゲインの項
- 42 切り替え手段
- 45 サブサーボモータ
- 46 サブエンコーダ
- 51 帯域制限フィルタ
- 52 遅れ要素メモリ
- 53 動特性補償要素
- 100 数値制御装置
- 101 共有メモリ
- 102 デジタルサーボ回路
- 40 103 電力増幅器
- 104 サーボモータ
- 105 エンコーダ

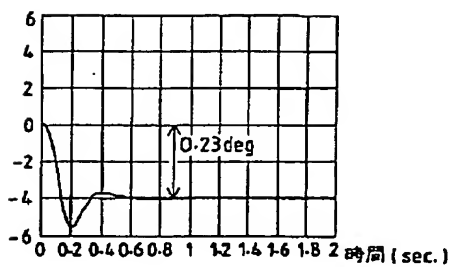
【図1】



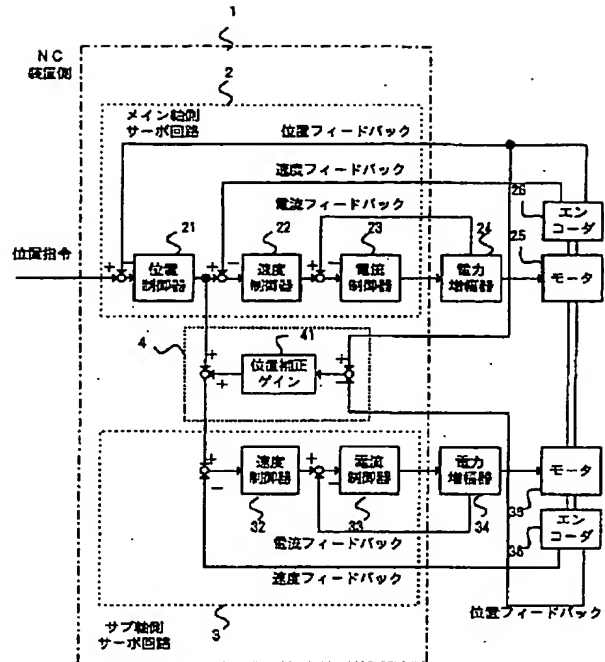
【図4】



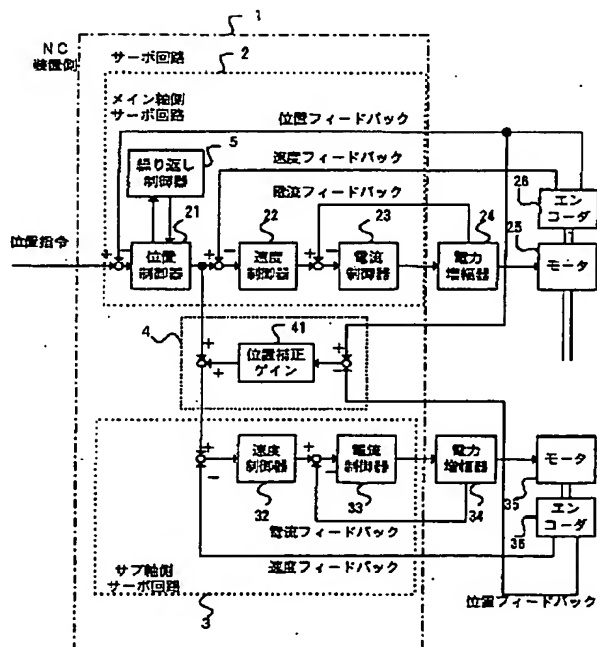
【図9】



【図2】

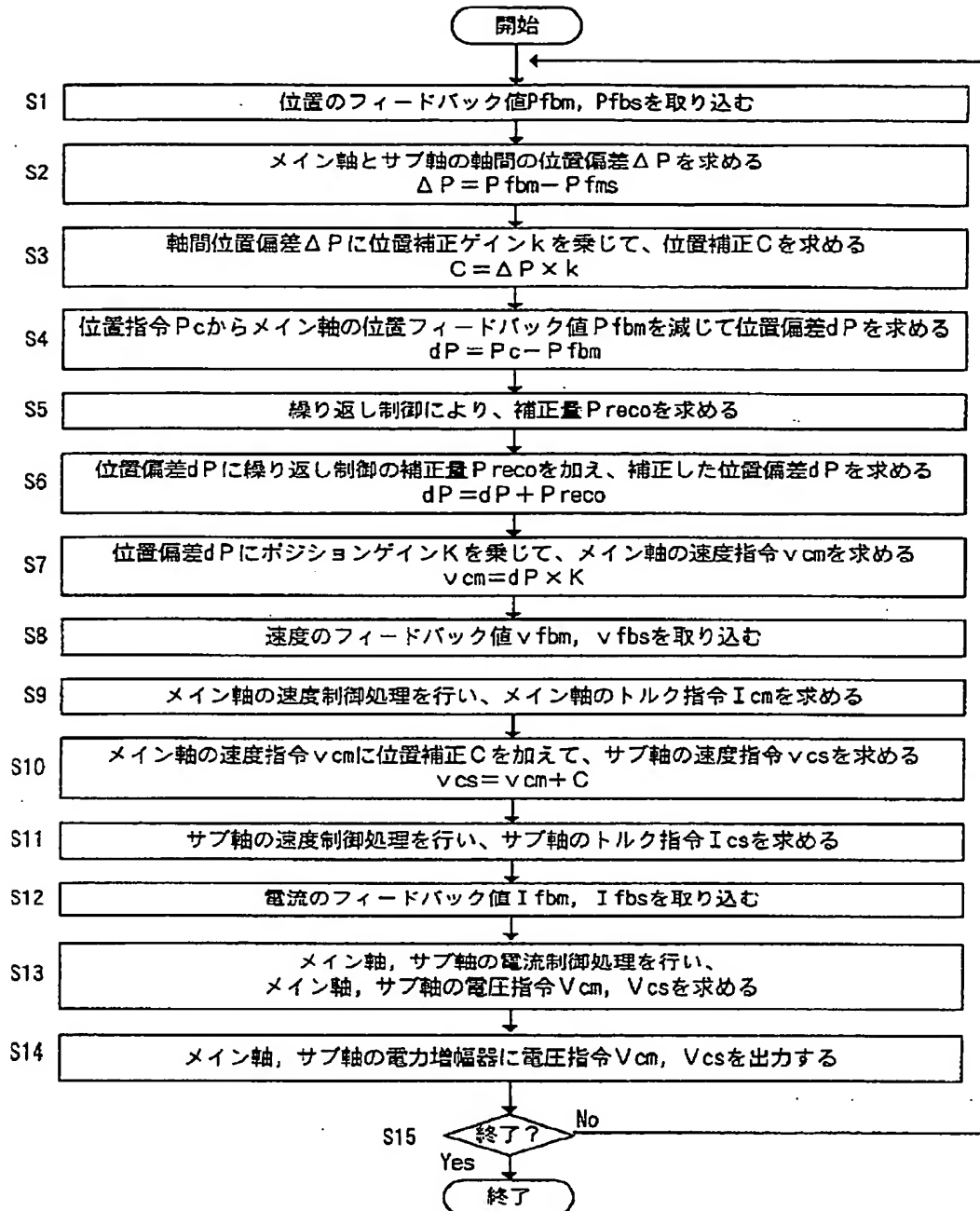


【図5】

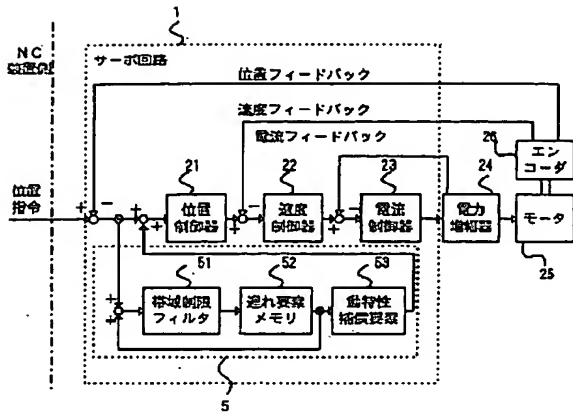




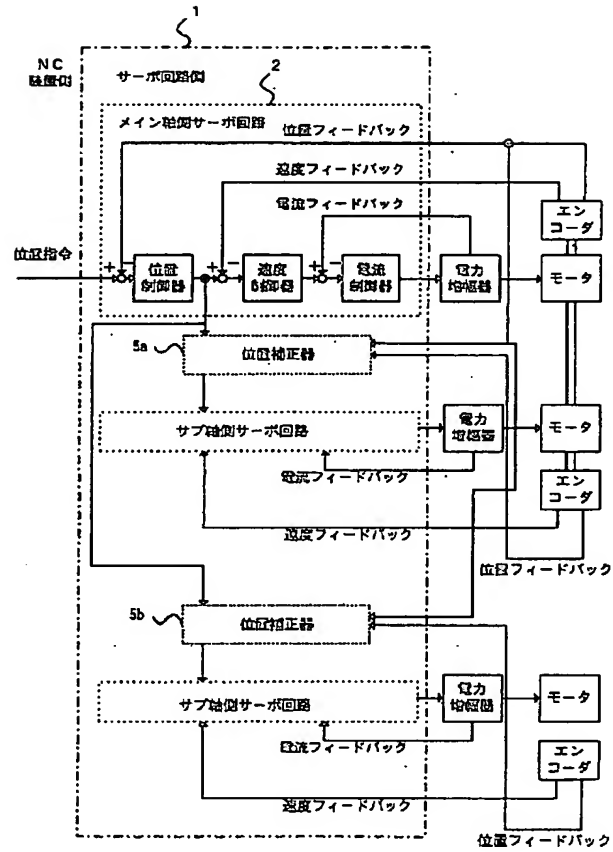
【図3】



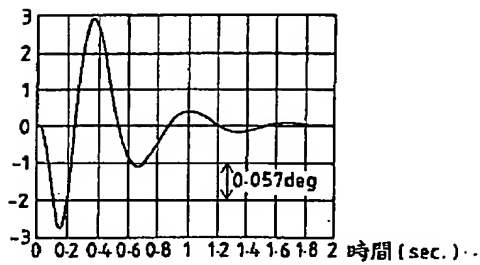
【図6】



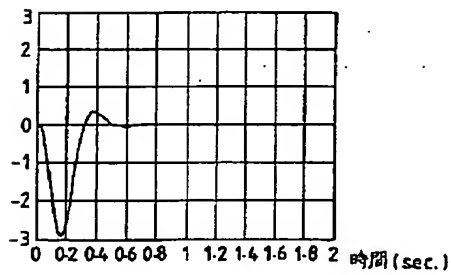
【図7】



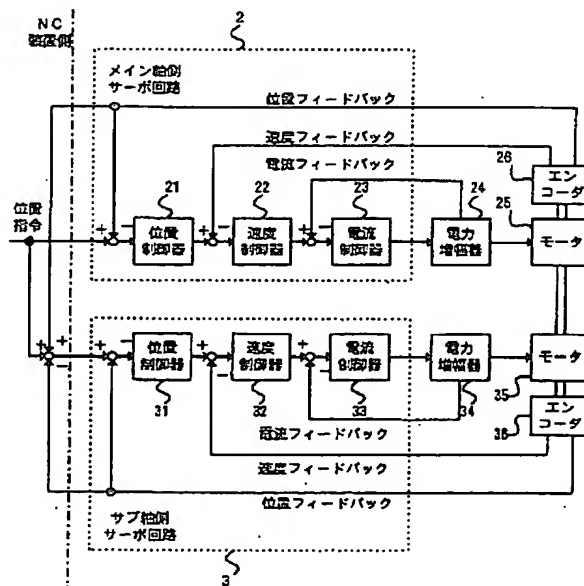
【図8】



【図10】



【図11】



【図12】

